CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE KÖPPEN E THORNTHWAITE PARA O MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

João Paulo Monte de SANTANA[1]
Bruno Bottino G. da SILVA[2]
Laura PENNA[3]
Edson Soares FIALHO[4]

RESUMO

A importância da finalidade do estudo dos sistemas de classificação climática, segundo Ayoade (2002) é obter um arranjo eficiente de informações de maneira simplificada, generalizada e eficiente para a compreensão das complexas variações do clima nas diversas regiões do mundo. Nesse sentido, o presente trabalho desenvolvido ao longo da disciplina Climatologia Aplicada ao Território Fluminense procura estabelecer um quadro comparativo entre dois métodos de classificação climática. Para isso optou-se pelos modelos desenvolvidos por Köppen e Thornthwaite, ambos caracterizados pela abordagem empírica ou genérica, na qual consiste em analisar os elementos do clima, de maneira individualizada, a fim de definir valores médios, de acordo com uma longa série de observações, que no caso do município do Rio de Janeiro, compreende ao período de 1931–1975, obtidas junto à publicação do extinto FIDERJ (Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro) para as estações da Penha, Santa Tereza, Santa Cruz, Jacarepaguá, Bangu, Praça XV e ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) onde foram coletados os dados climáticos da estação Alto da Boa Vista, que serviram de base para a elaboração da classificação climática de Thornthwaite para o município do Rio de Janeiro. Após a elaboração do mapa de unidades climáticas de Thornthwaite para a cidade, o mesmo foi confrontado com o mapa climático de Köppen da cidade desenvolvido por Maior (1954), que nos permitiu observar as especialidades climáticas definidas por ambos os modelos de classificação. Uma primeira constatação foi a diferença entre o número de tipos climáticos. O modelo proposto por Thornthwaite apresenta-se mais sensível às variações do regime térmico e hídrico, contabilizando este seis tipos, variando do superúmido mesotérmico ao sub–úmido seco megatérmico. Em contrapartida, a classificação de Köppen abrange três variedades de clima quente e úmido e um tropical de altitude. Um segundo ponto observado foi à predominância de um tipo de clima, no caso o sub–úmido megatérmico, que abrange a Baixada de Sepetiba, de Jacarepaguá e a parte setentrional dos Maciços da Pedra Branca e da Tijuca, enquanto o de Köppen, o clima Aw é o predominante. Porém, há uma distinção entre ambas nas proximidades da Baía de Guanabara (Zona Norte) onde segundo o modelo de Thornthwaite permite identificar uma unidade sub–úmida seca megatérmica, que se estende da Ilha do Governador, até às adjacências da Praça XV, enquanto o modelo de Köppen não faz discriminação do clima AW para a mesma área. Apesar disso, os modelos são muitos semelhantes, e isso é possível por causa do escasso número de estações climáticas na área de estudo, o que nos obrigou a generalizar, principalmente, na região da Zona Oeste, onde o Maciço da Pedra Branca não apresenta nenhuma estação climática acima da cota de 100 metros. Mas, mesmo assim, foi definido como sendo de clima superúmido mesotérmico (Thornthwaite) ou Cfa–Tropical de Altitude (Köppen), em razão da estação do

[1] Acadêmico 3º período do Curso de Geografia da PUC-RJ. E-mail: jpmonte04@yahoo.com.br
[2] Acadêmico 2º período do Curso de Geografia da PUC-RJ. E-mail: b.bottino@globo.com
[3] Acadêmico 3º período do Curso de Geografia da PUC-RJ. E-mail: laurapenna2003@yahoo.com.br
[4]Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da USP; Professor Agregado do Departamento de Geografia da PUC-RJ e FEUDUC–RJ; E-mail: doutorfialho@yahoo.com.br

Alto da Boa Vista, que situa-se no Maciço da Tijuca a 350 metros de altitude. Com base nos resultados alcançados, pode se dizer que o método de Thornthwaite é mais detalhista em relação ao de Köppen. Ambas metodologias possuem falhas que somadas aos problemas de distribuição e até de funcionamento das estações não permite determinar com precisão a área de abrangência mais próxima da realidade. No entanto, nos cabe ainda algumas reflexões: Hoje se todas as estações utilizadas no trabalho estivessem funcionando haveria uma diferenciação da espacialidade das unidades climáticas? No atual contexto da cidade do Rio de Janeiro, os modelos climáticos comparados seriam tão eficazes, quando da sua criação, onde a cidades apresentavam uma pequena mancha urbana? É adequado hoje utilizar as mesmas designações climáticas para ambientes locais urbanos, que dependendo da sua situação de sítio e densidade podem se tornar verdadeiros enclaves climáticos?

INTRODUÇÃO

A cidade do Rio de Janeiro está localizada próxima ao Trópico de Capricórnio (latitude 22 °C sul / longitude 43 °C), e expressa características climáticas peculiares por ser uma metrópole de clima tropical com maior área verde do mundo. Identificado ainda, por fatores geográficos de cunho topográfico, articulados com fatores e elementos climáticos, expressos pelas brisas marítimas, pela altitude de relevos, etc. Além da especificidade dinâmica do próprio clima, deixando sujeito às oscilações, as fronteiras metodológicas/classificatórias criadas pelo homem. Tal complexidade propõe desafios múltiplos para a classificação climática.

Segundo Ayoade (1998, p.225), “a classificação é um ato com fins a simplificar, esclarecer e compreender os complexos padrões climáticos do mundo.” Isso significa que se precisa repensar as metodologias de classificação climática nos novos padrões urbanos-espaciais deste começo de milênio, uma vez que ainda que haja uma falsa noção de independência do homem para com o clima, estes ainda são de inegável influência para a vida humana.

Este trabalho de climatologia geográfica é uma proposta de estabelecer um quadro comparativo entre duas classificações climáticas distintas, a de Köppen e de Thornthwaite. Ambas as classificações são próprias da abordagem empírica ou genérica, a qual é fundamental à classificação climática. A abordagem empírica consiste em estudar cada elemento do tempo, tais como temperatura, chuva, umidade relativa, nebulosidade, etc., objetivando calcular médias, abrangendo longas séries de observações, de tal forma que, por meio da avaliação isolada de cada um desses elementos e de sua comparação, se possa alcançar a caracterização do clima. Essa metodologia é necessariamente quantitativa.

Seguiremos o critério de que o objetivo de fazer uma classificação climática é de tornar compreensíveis os valores calculados, ou seja, a classificação climática traduz a linguagem numérica por uma linguagem mais acessível. (Ayoade, 1998, p.225) O valor de qualquer classificação climática tem que ser julgado pelo seu êxito ao atingir o objetivo para o qual foi projetada.

Durante o desenvolvimento, o estudo analisa as diferenças observadas nos mapeamentos climáticos, relativos ao município do Rio de Janeiro no período de 1931-1975, elaborados a partir das metodologias de Thornthwaite e de variados períodos anteriores a meados de 1950, para as de Köppen, organizado por Maior (1954, p. 109).

Vale ressaltar que devido à disponibilidade de dados limitados, ligados às deficiências estruturais das instituições públicas, houve uma defasagem na produção do mapeamento segundo Thornthwaite para o Rio de Janeiro, pois as estações de onde se obtiveram os dados estão mal distribuídas pelo território, e assim, não foi possível evitar as generalizações no mapeamento.

Posto isso, o objetivo é avaliar qual classificação apresenta um maior detalhamento climático para o município do Rio de Janeiro.

METODOLOGIA

Para a análise comparativa foram utilizados dois mapas, em anexo, do município do Rio de Janeiro, um utilizando a metodologia de Köppen, levantado a partir da Revista Brasileira de Geografia (1954), de Ariadne Soares Souto Maior, da Divisão de Geografia do C.N.G., "Tipos Climáticos do Distrito Federal". Com dados obtidos do Serviço de Meteorologia e da Divisão de Águas do Ministério da Agricultura, somando – se ao todo vinte e cinco estações distribuídas ao longo do território fluminense, com normais termais e pluviométricas variando de 1914 a 1948. Embora maior quantificado, as estações, não significa dizer melhor qualificado, pois muitas das mesmas se concentravam em uma determinada região privilegiada economicamente e muitas registravam apenas um dado, dentre os dois priorizados.

E outro elaborado com base em dados, de acordo com a metodologia de Thornthwaite, copilados do balanço hídrico mensal, de normais de 1931/75, em sete estações, retirados da extinta Fiderj (Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro) Penha, Santa Tereza, Santa Cruz, Jacarepaguá, Bangu, Jardim Botânico e Praça XV, e de uma estação (Alto da Boa Vista) pertencente ao Sexto Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia, INMET, no período de 1967/90, obtido junto à literatura do VIII Congresso de Meteorologia, de Heitor Noronha Dámazio, "Classificação Climática e Análise de Transformações Ambientais no Rio de Janeiro". Em relação ao balanço hídrico, estatística necessária para a classificação climática de Thornthwaite, a capacidade de água disponível armazenada no solo (CAD), (ou seja, aquela água retida no solo entre as umidades da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente), é igual a 125mm. O que possibilitou chegar e determinar a formulações climáticas para o território, através de cálculos segundo Thornthwaite.

DESENVOLVIMENTO

Para uma melhor compreensão em torno do tema proposto e para alcançar mais claramente os objetivos, antes da análise comparativa, nos parece necessário uma discussão, de forma sintética, a respeito dos conceitos e critérios metodológicos, incluindo ainda um breve histórico complementado por críticas a cada modelo utilizado.

METODOLOGIA DE KÖPPEN

O modelo de classificação desenvolvido por W. Köppen (1846-1940) no período entre 1900 e 1936 constitui atualmente a mais utilizada classificação climática, o que lhe atribui um caráter popular devido a sua relativa simplicidade, objetividade e méritos inestimáveis como um dispositivo de ensino. No entanto, mesmo os estudos de Köppen sendo encontrados nos principais livros de climatologia geográfica e áreas afins, o seu modelo não permanece desprovido de críticas, tanto na sua forma original (o primeiro modelo de Köppen de classificação climática de Köppen foi alicerçado por um mapa fisiológico de vegetação, elaborado por Alphonse de Candolle), quanto na forma revisado do seu estudo (1918). A crítica, segundo Ayoade (1998, p.231), é pertinente ao fato de não haver uma categoria subúmida, em razão de sua abordagem empírica, ou seja, inclinação para análise dos efeitos dos elementos sobre a vegetação (critérios numéricos) e o homem, e também, a toda sua rigidez de limites. Em seu modelo, Köppen divide cinco grupos climáticos grandes, reconhecidos por seu embasamento nos dados de temperatura (climas tropicais chuvosos, secos, temperados chuvosos e moderadamente quentes, frios com neve-floresta e polares). A distribuição sazonal da precipitação acresce mais um parâmetro para o modelo, gerando, por conseguinte, subdivisões entre os cinco grupos climáticos principais, contabilizando ao todo vinte e quatro tipos climáticos (Idem). O modelo de Köppen é essencialmente dividido em regiões climáticas de vegetação climáticas definidas.

METODOLOGIA DE THORNTHWAITE

Thornthwaite foi um dos climatólogos que criticou o modelo de Köppen, (Ayoade, 1998, p. 231), caracterizando-o como não-sistemático, como estando baseado numa mistura de regras e definições sem similaridades. Em 1948, Thornthwaite propõe uma classificação baseada em dados puramente climáticos: evapotranspiração potencial, balanço hídrico e índice de umidade. Tais preocupações tiveram grande utilidade para o ramo da ecologia, agricultura e desenvolvimento dos recursos hídricos (Ayoade, 1998, p. 234).

Na classificação de Thornthwaite, a evapotranspiração potencial, a precipitação e o relacionamento entre estas variáveis fornecem a estrutura dos quatro critérios climáticos usados na classificação, os quais são representados por valores-índices. Os quatro critérios são: adequação da umidade (representada por valores do índice de umidade), eficiência térmica (representada pelos valores de evapotranspiração potencial), distribuição sazonal da adequação da umidade e concentração no verão de eficiência térmica. Cerca de cento e vinte tipos climáticos foram hipotetizados por Thornthwaite, sendo trinta e dois o número possível de ser expresso no mapa-múndi. (Ayoade, 2000, p.236) Além do excesso quantitativo de tipos de clima e a complexidade do manejo, outra crítica feita a este método climatológico de classificação, é a subestimação da evapotranspiração potencial em ambientes secos, frios e muito expostos a ventos (Damázio, 1994, p. 161).

A definição da tipologia climática está fundamentada no sistema classificatório de Thornthwaite que, por sua vez, deriva do sistema de determinação do balanço hídrico descrito. O método de balanço hídrico de Thornthwaite & Mather é fundamentado na constatação empírica do ciclo hidrológico que, em síntese, constitui o seguinte: a fonte original da água que penetra e escoa superficialmente sobre a superfície terrestre vem da precipitação da atmosfera. Enquanto parte dela é utilizada pelas plantas, outra escoa pelo lençol freático e superficial para, posteriormente, evaporar-se ou ser em parte reabsorvida pelo solo e pelas plantas.

ANÁLISE COMPARATIVA

A análise comparativa, primeiramente, permite identificar uma diferenciação de tipos climáticos já que a proposta de Thornthmaite apresenta-se mais sensível às variações do regime térmico e hídrico, contabilizando seis tipos, super úmido mesotérmico, segundo úmido mesotérmico, primeiro úmido mesotérmico, subúmido úmido megatérmico e subúmido seco megatérnico, ou seja, todos com calor bem distribuído no ano todo. Tendo o último tipo climático aludido apresentando-se duas vezes sendo diferenciado pelo Indicie de umidade (Ih). Em contrapartida, a classificação de Köppen abrange três variedades de clima quente e úmido (Am, Aw e Af) e um tropical de altitude (Cfa).

As classificações citadas e suas respectivas distribuições espaciais no município são visualizadas na figura 1 (Thornthwaite) e 2 (Köppen) no final do trabalho. Além de também servirem como referência e orientação à explicitação da análise logo a seguir. As informações referentes ao objeto elaborado, são correspondentes as tabelas encontradas em anexo.

Através da utilização das formulas climáticas, de acordo co Thornthwaite, se define sub tipos do clima para a estação do Alto da Boa Vista, no maciço da Tijuca, super úmido megatérmico, pela sua localização em elevada altitude, acima da cota 100, e por estar numa cobertura vegetal oriundo de um fragmento da Mata atlântica. E levando em consideração, as necessidades hídricas das plantas, expresso pela evapotranspiração potencial, o período diferenciado das normais de 1967-90 (Damázio, 1994, p.161), em relação às outras estações, assim como os cálculos da classificação, são coletados junto à literatura, como já mencionado anteriormente. Este fato pode ocasionar distorções, tanto pela temporalidade dos dados quanto pelo o cálculo, mas se faz necessário por não conter dados suficientes para a nossa formulação para tal sítio.

A homogeneização desta classificação para o Maciço da Pedra Branca foi determinado pela falta de estações meteorológica, sendo feito o mesmo por Maior (1954, p. 114) ao denominar como Cfa, (úmido em todas as estações, com um verão propicio a médias de temperatura maiores que 22ºC (Ayoade, 1998, p. 232)), ambos os maciços onde o relevo demonstra altimetrias elevadas, tomando como base, a umidade descarregada decorrentes das massas de ar e suas características geomorfológicas de blocos contínuos que interferem na distribuição da umidade. Mas sem consegui um maior nível de informações referentes à estrutura do sítio, determinado pela deficiência da metodologia em questão, que se configura com uma fraca correlação entre a cobertura vegetal com outras divisões importantes do ambiente (Damázio, 1994, p. 161).

Um outro subtipo climático, tendo como referência a estação do Jardim Botânico, é o segundo úmido megatérmico, que apresenta excedente hídrico em todos os meses com precipitações totais chegando a 1782,1 mm, relativamente bem distribuído ao longo do ano, no período de 1931/75. Situado entre o mar e encostas abruptas, esta zona bastante urbanizada sofre com chuvas de convecção no verão e chuvas orográficas no inverno em virtude da conexão entre o relevo íngreme e a entrada das massas de ar extratropical (Massa Polar Atlântico) provenientes da direção sudoeste.

Essas observações são realizadas por Maior (1954, p. 114) para a classificação de Köppen (Af, sem estação seca) para a mesma área, corroborado ainda por outras estações que continham também altos indicies pluviométrico, como a Lagoa (1689,4 mm), Botafogo (1590,3 mm), além do próprio Jardim Botânico com 1750,7 mm. Os motivos para a elevada precipitação, talvez sejam o mesmo, mesmo com períodos de normais distintos entre as metodologias utilizadas, no entanto, cabe aqui ressaltar, que alterações antrópicas podem alterar de forma significativa a ação dos efeitos climáticos sobre o meio urbano, e conseqüentemente a intensificação desses processos.

A necessidade de dados mais recentes e analises objetivando seus efeitos se tornam pertinentes. Complementando a respeito da classificação, ambas (Köppen e Thornthwaite), respeitam o zoneamento sugerido contornando as vertentes dos Maciços da Tijuca e da Pedra Branca, sendo que neste último citado, novamente por falta de estações, ocorre uma generalização por ter condições climáticas semelhantes.

No mapa elaborado, a classificação posterior se baseia na estação de Santa Tereza (primeiro úmido megatérmico), que se localiza na vertente nordeste do Maciço da Tijuca, próximos a sub-climas mais secos, este fator é compensado pela localidade de considerável altitude que intercepta umidade, resultando em excedente hídrico em 10 meses nas normais com uma precipitação de 1427,7.

Em seguida decorre uma generalização, deste tipo climático, para a parte da zona sul da cidade, ampliada para o entorno dos Maciços tanto a barlavento quanto a sotavento - em respeito ao gradiente climático criado. Guardando as devidas especificidades, a vertente norte se constitui como uma zona edificada, longe do litoral e de sua influência, no que diz respeito ao conforto térmico, através das brisas marítimas e como uma vertente seca, ocasionado pela umidade retida a barlavento, situação esta que pode se caracterizar em ambos os Maciços.

No modelo de Köppen, há a predominância do tipo Af, na zona supracitada, enquanto que na faixa litorânea contém a zona de clima Am (clima de monção, com chuvas elevadas que compensa a existência de uma estação seca), que se estende pela entrada da Baía de Guanabara até a parte leste da Ilha do Governador. Justificado por analises feitas, a partir das estações de Ipanema, Pão de Açúcar, Urca, Glória, Arsenal e Gamboa, e se tratando de uma faixa muito exposta à ação das brisas, das frentes frias e por terem em alguns pontos morros isolados (Maior, 1954, p.114). Além da Ilha do Governador, que por causa de sua parte mais acidentada e localização na entrada da baía, está sujeita às brisas e aos ventos vindos do sul (Idem), havendo uma divisão entre Am e Aw.

Enquanto que na classificação de Thornthwaite a própria Ilha do Governador sofre uma generalização proveniente da estação da Penha, com o tipo climático de subúmido seco megatérmico (O fator principal foi a falta de estação meteorológica, e que também nos impediu de constatar se realmente na faixa litorânea há um tipo climático que destoa das demais, influenciado pela geografia local, entretanto, recebendo uma classificação, mais a frente na análise, tentando priorizar a coerência).

Segundo o critério do Balanço Hídrico esta área amostral, possui uma precipitação de 1174,0 mm, com uma negativa acumulada em 10 meses e 7 meses de deficiência, assim não alcançando a evapotranspiração potencial necessária em quase nenhum mês. Estas condições de seca, só é superada pela estação da Praça XV (precipitação 1109,9mm e negativo acumulado em todos os meses) que apresenta o Indicie de umidade (Ih) com nenhum excedente de água (d_1) enquanto que a estação da Penha, com pouco excedente (d_2). A explicação, já comentada acima, deve originar-se pela localização na parte setentrional mais afastado do Maciço da Tijuca e ao mesmo tempo ao fundo da Baía de Guanabara (caso da Penha), ausência significativa da vegetação florestal, urbanização elevada (caso principalmente da Praça XV), etc.

Em ambas as classificações há a predominância de um sub tipo climático em todo território do Município do Rio de Janeiro, sendo eles: Aw (Köppen) e subúmido úmido megatérmico (Thornthwaite).

O tipo Aw caracteriza-se pela existência de uma estação seca no inverno e uma chuvosa no verão (Maior, 1954, p.113) e se estende à parte oeste da Ilha do Governador, às faixas setentrionais dos Maciços e às baixadas de Jacarepaguá e Sepetiba. Ainda segundo a mesma autora, as poucas estações que existem, Penha, Bangu (precipitações respectivamente 1144,5mm e 1289,2mm) e mais algumas, estão em sua maioria localizadas ao norte dos maciços, que desempenham o papel inverso a barlavento, resultando em ventos completamente secos, estabelecendo-se como áreas de menor umidade e temperatura mais elevadas. Para a baixada de Jacarepaguá não existe estações e em sua análise, mas mesmo assim estima, por estar situado entre dois grandes maciços, que a parte litorânea deva ter temperaturas mais amenas e maior umidade pela a proximidade com o mar, enquanto que a parte central mais quente e mais seco (Idem). Com relação à baixada de Sepetiba, com as informações da estação de Santa Cruz, se homogeneíza indo em direção ao litoral acompanhando o relevo do Maciço da Pedra Branca, com precipitações abaixo de 1400,0mm, já a temperatura média aumenta com a interiorização ao território.

O mapa elaborado, baseado apenas nas estações de Bangu, de Jacarepaguá e Santa Cruz apresenta também elevados índicies pluviométricos no verão e sendo drasticamente reduzidos no inverno ou se estendendo aos meses adjacentes. Em Jacarepaguá localizado entre os maciços, a estação se encontra mais para o interior, com negativas acumuladas em 10 meses e excedente hídrico apenas nos meses correspondentes ao verão. Mas sem ainda poder confirmar a diferença entre o interior e o litoral, assim como estima Maior (1954, p.113). Similar situação, é em relação à Santa Cruz, como única estação de uma área ampla, podemos aqui, estimar que, possivelmente, em direção ao litoral o mínimo de meses com negativa acumulada diminua, caindo de 10 meses e o número de meses excedentes aumente, e conseqüentemente os meses com déficit hídrico sofra uma diminuição ocasionado pelo aumento da disponibilidade de água no solo ligada à vegetação local.

Finalmente, a estação de Bangu, com precipitações e resultados do Balanço Hídrico semelhantes às anteriores, excedentes nos meses de verão e deficiência nos meses de inverno com forte estiagem. Esta classificação ainda se amplia à sudeste do Município seguindo a faixa do litoral, por não ter relevo suficiente que intercepte umidade proveniente dos ventos litorâneos, ou talvez pela falta de estações, seja a classificação que melhor se adequa, não sendo muito úmido como a posterior (primeiro úmido megatérmico) e nem muito seca como a anterior (subúmido seco megatérmico).

CONCLUSÃO

De acordo com a análise comparativa realizada, permite se observar que a metodologia de Thornthwaite caracteriza com um maior nível de detalhes o espaço geográfico do Município, em decorrência da utilização do Balanço Hídrico, que se apresenta mais sensível às variações do regime térmico e hídrico, pois, como observa Galvani (2004), considera não somente as entradas e saídas de água do sistema, mas também àquela armazenada no perfil do solo e passível de ser utilizada nos diversos processos que ocorrem na interface solo-atmosfera, e mesmo quando ocorrendo uma semelhança inicial das análises termais e pluviométricas, entre os modelos climáticos, logo há uma distinção perceptível na quantidade de informações e critérios adotados, a mais, que contém a classificação escolhida.

Problemas quanto às estações climatológicas, sendo mal distribuídas espacialmente e muitas destas fechadas, o que nos proporciona uma classificação climática certamente um tanto quanto defasada, se torna, neste presente trabalho, imperioso criticar a negligência do governo. Atualmente, isso se dá principalmente pela grande diversidade de sítios encontrados na metrópole, influenciando em características micro climáticas específicas de acordo com os usos do solo e geração de entropia.

O que nos compete é tentar chegar a novas soluções para esta problemática, principalmente, para os meios urbanos, onde as relações da humanidade com o clima segundo Fialho (2003: p. 1448) se tornaram mais complexas após o crescimento das cidades. A construção de ambientes climáticos artificiais resultou na alteração das condições climáticas preexistentes nos espaços que ocorrem as cidades, produzindo hoje uma cúpula climática, dento da qual, denomina-se de clima urbano.

Nesse sentido, os métodos de classificação climática até então empregados, que se pautam nas condições vegetacionais e geomorfológicas, não contemplam no atual contexto, a questão urbana, elemento, importante hoje na definição de unidades climáticas nítidas no meio urbano. Não sendo mais possível, perpetuar hoje, realidades que já são obsoletas, principalmente, na escala da cidade.

Essa constatação é compartilhada por Monteiro (1976, p. 10), quando diz que:

...O homem, através de suas decisões, é um agente modificador do ambiente que, em termos climatológicos, reagindo e inovando, cria nas unidades taxonômicas menores, transforma nas médias e influencia indiretamente nas superiores...

Isto posto, a procura por novas possibilidades técnicas e metodológicas, a fim de contemplar uma nova realidade vigente, mas não somos capazes de compreendê-la, na medida em que os métodos, técnicas e equipamentos, utilizados ainda hoje, nos prendem a escalas micro e topoclimáticas, impossibilitando o entendimento em outros níveis escalares superiores. Não por incapacidade, mas por falta de apoio a pesquisa, com investimento em equipamentos e material humano.

Muitos dos estudos de clima urbano, hoje, utilizam os abrigos meteorológicos, porém o problema da logística do equipamento, associada à condição do tempo, cria problemas operacionais, dificultando a repetição do experimento várias vezes. Além destes, os sensores são hoje, bastante empregados, como os termohigrômetros, os psicrômetros e os termistores.

A dificuldade das observações de campo e a dificuldade de abarcar áreas maiores, lançam um novo desafio no seio da climatologia geográfica urbana, principalmente, para as áreas que contemplam as regiões metropolitanas, verdadeiros complexos climáticos.

A solução para tal questão passa por dois caminhos. O primeiro seria o da automatização das estações climáticas urbanas, porém a sua implementação é lenta e custosa. Embora, alguns pesquisadores, com apoio de instituições fomentadoras de pesquisa, conseguiram

montar uma pequena rede de 9 estações automáticas, como na cidade de São Paulo (Azevedo, 2000) e na cidade do Rio de Janeiro com 11 estações automáticas, implementadas pelo Departamento de Meteorologia da UFRJ (Brandão, 2004, p. 23).

Nessa conjuntura, uma segunda alternativa surge com força na área dos estudos climáticos, que é o emprego das imagens de satélites, uma perspectiva palpável, apesar das limitações técnicas, como a baixa resolução espacial e espectral, de alguns satélites, como o NOAA e o Landsat, se torna importante, especialmente para as localidades em que as observações são esparsas (Czajkowski et al. , 2000, p. 345).

Rao (1972) o primeiro pesquisador a utilizar na análise do clima urbano as imagens de satélite, por meio do canal termal (10.2-12.5 mícrons) do satélite Tiro (ITOS-1) para o litoral leste dos Estados Unidos.

No Brasil este tipo de estudo, ainda é incipiente, apesar deste ter sido aplicado em cidades como São Paulo (Lombardo, 1985), Londrina (Mendonça, 1995), na Região da Grande Porto Alegre (Collischonn, 1998) e na região do Pantanal (Hasenack et al, 2003). Entretanto, os mesmos, não foram utilizados como base para a elaboração de uma classificação climática.

Lombardo (1985) foi a pioneira na utilização deste recurso para os estudos climáticos urbanos. A autora procurou estudar a formação das ilhas de calor na cidade de São Paulo e para isso utilizou imagens do satélite NOAA, que tem uma resolução espacial de 1.1Km por pixel e dois canis termais (figura 11), para tratamento das condições térmicas. Com essas condições, o resultado, embora positivo, ainda apresenta um caráter muito genérico, pois a resolução não permite a identificação das influências intra-urbanas na definição do campo térmico. Além de ter utilizado uma imagem de sensor diferente para o uso do solo, o que dificulta a comparação, mesmo com os ajustes.

Em Londrina, Mendonça (1995) em sua tese de doutorado, lançou mão da imagem termal Landsat comparando-a com dados de campo, com intuito de corroborar a observação realizada por sensor e o NOAA para uma escala regional.

Collischonn (1998) para a região metropolitana de Porto Alegre, empregou o canal termal do Landsat, especificamente a banda 6 para identificar a espacialidade do campo térmico regional.

Como se verificou a partir do levantamento bibliográfico analisado resumidamente, pouco se investe e se investiu nos estudos de imagens de satélites na área do clima urbano. Talvez pela desconfiança, no início em razão da baixa resolução das imagens termais, que oscilam entre 1 km (NOAA) e 120 metros (Landsat) por pixel, mas isso não se dá por falta de esforços.

Como a emissão da energia termal pela Terra é relativamente baixa, os sensores trabalham em resoluções maiores que os visíveis, que apresentam uma melhor visualização dos objetos e os pixels das imagens abarcam valores médios de uma pequena cena de 120x120 ou 90x90m, a conseqüência disso é que o pixel, acaba por generalizar, mas se buscando novos meios de calibraçãos das imagens.

Referências

BAGNOULS, F.; GAUSSEN, H**.** Os Climas biológicos e sua Classificação**. Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, Ano XXII, n. 176, p. 545–566, 1963.

BERNARDES, L. M. C**.** Aplicação de Classificações Climática ao Brasil. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, Ano XVII, n. 149, p. 108–113, 1959.

COLLISCHONN, E.; MENCONÇA, F. A**.** Sensoriamento Remoto e Clima Local. in: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. **Anais**... Curitiba: UFPR, Cd-Rom, 1997, 8p.

COLLISCHONN, E. **O Campo Térmico da Região Metropolitana de Porto Alegre: Análise a partir da interação entre as variáveis ambientais na definição do Clima Urbano**. 180p. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Departamento de Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998

CZAJKOWSKI, K,.; GOWARD, S. N.; STADLER, S. J. WALZ, A**.** Thermal Remote Sensing of near surface Environmental variables: Application over the Oklahoma Mesonet. **The Professional Geographes**. n. 2, v. 52, p. 345–357, 2000

FIALHO, E. S**. Análise do temporoespacial do campo térmico na Ilha do Governador-RJ em situações sazonais de verão e inverno**. 164p. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza–Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

_____**.** Os microclimas e o suo do solo na Ilha do Governador. *Revista GEOUERJ*–Edição especial com os trabalhos do X SIMPÓSIO BRAISLEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. Rio de Janeiro: UERJ, Cd-rom, p. 1448-1455, 2003, 10p.

GALO, K. P.; McNAB, A. L.; KARL, T. R.; BROWN, J. F. HOOD, J. J. TARPLEY, J. D**.** The use of NOAA AVHRR data for assessment of the urban heat island effect. **J. Appl**. n. 32, p. 899-908

AYOADE, J. O. **Introdução á Climatologia para os Trópicos**. 5. ed. Tradução: SANTOS, M. J. dos Z. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

BRANDÃO, T. **Bangu não é prioridade máxima para o INMET**. in: Jornal O Globo. Caderno Rio. Rio de Janeiro, 15 de Outubro de 2004, p. 26.

DAMÁZIO, H. N. **Classificação climática e análise de transformações ambientais no Rio de Janeiro**. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1, 1994, Belo Horizonte. **Anais**... SBMET/NRRJ, p.161-163.

FIALHO, E. S. Os microclimas e o suo do solo na Ilha do Governador. **Revista GEOUERJ**–Edição especial com os trabalhos do X SIMPÓSIO BRAISLEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. Rio de Janeiro: UERJ, Cd-rom, p. 1448-1455, 2003, 10p.

GALVANI, E. **Considerações acerca dos estudos Bioclimáticos**. In: CARLOS, A. F. A.; OLIVEIRA, A. V. (orgs.). ***Geografia de São Paulo*: A metrópole do século XXI**, v. 2. São Paulo: Contexto, p. 221-229, 2004.

MAIOR, A. S. S. **Tipos Climáticos do Distrito Federal**. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, Ano XVI, n. 2, p. 109-115, 1954.

MONTEIRO. C. A. F. **Teoria e clima urbano**. *Série Teses e Monografias*. São Paulo, n. 25, 1976, 181p.

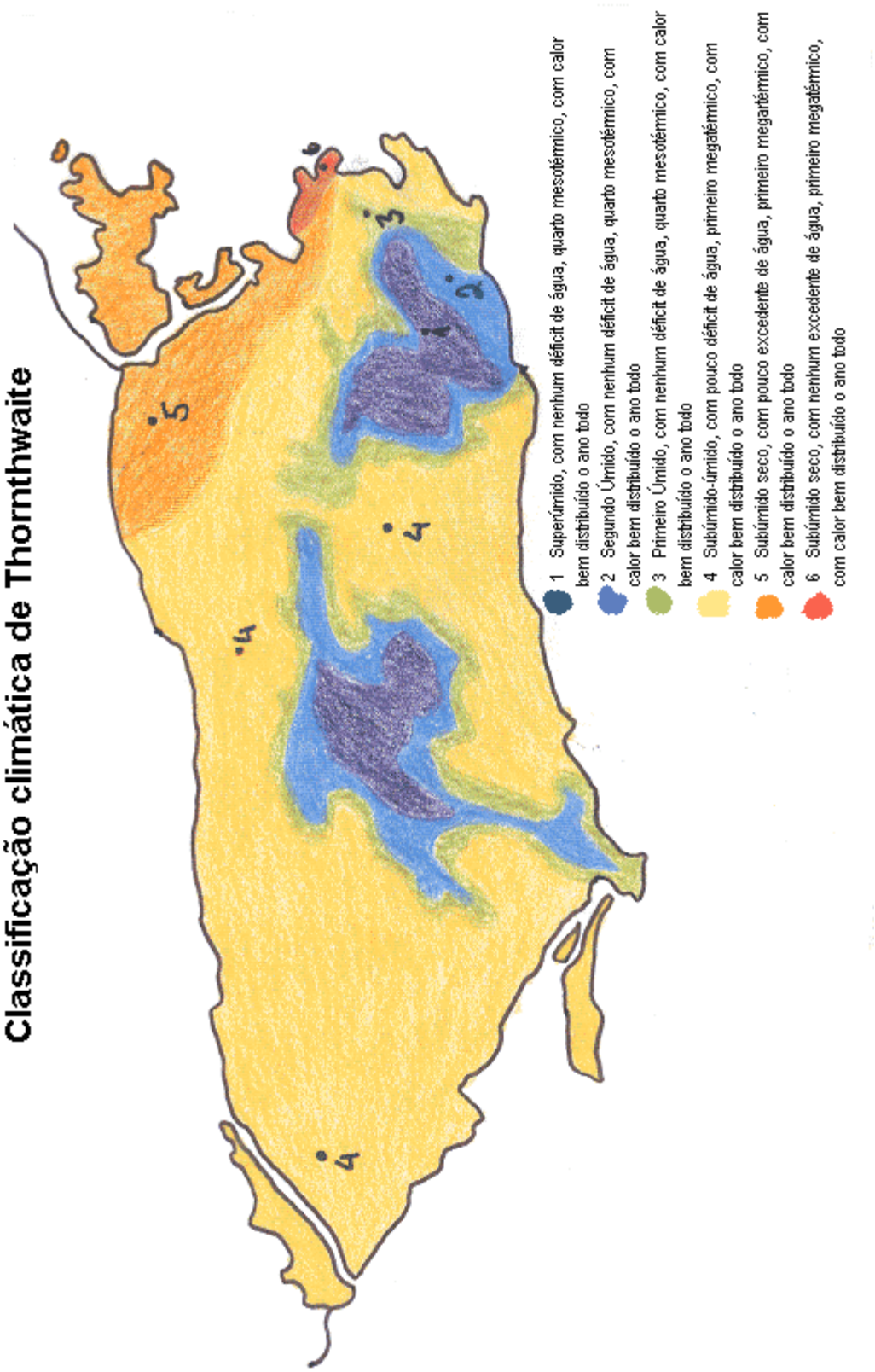

Figura 1 – Mapa de Unidades Climáticas desenvolvido com base na metodologia de Thornthwaite, elaborado pelos autores, com base dos dados do FIDERJ (1931-1975).

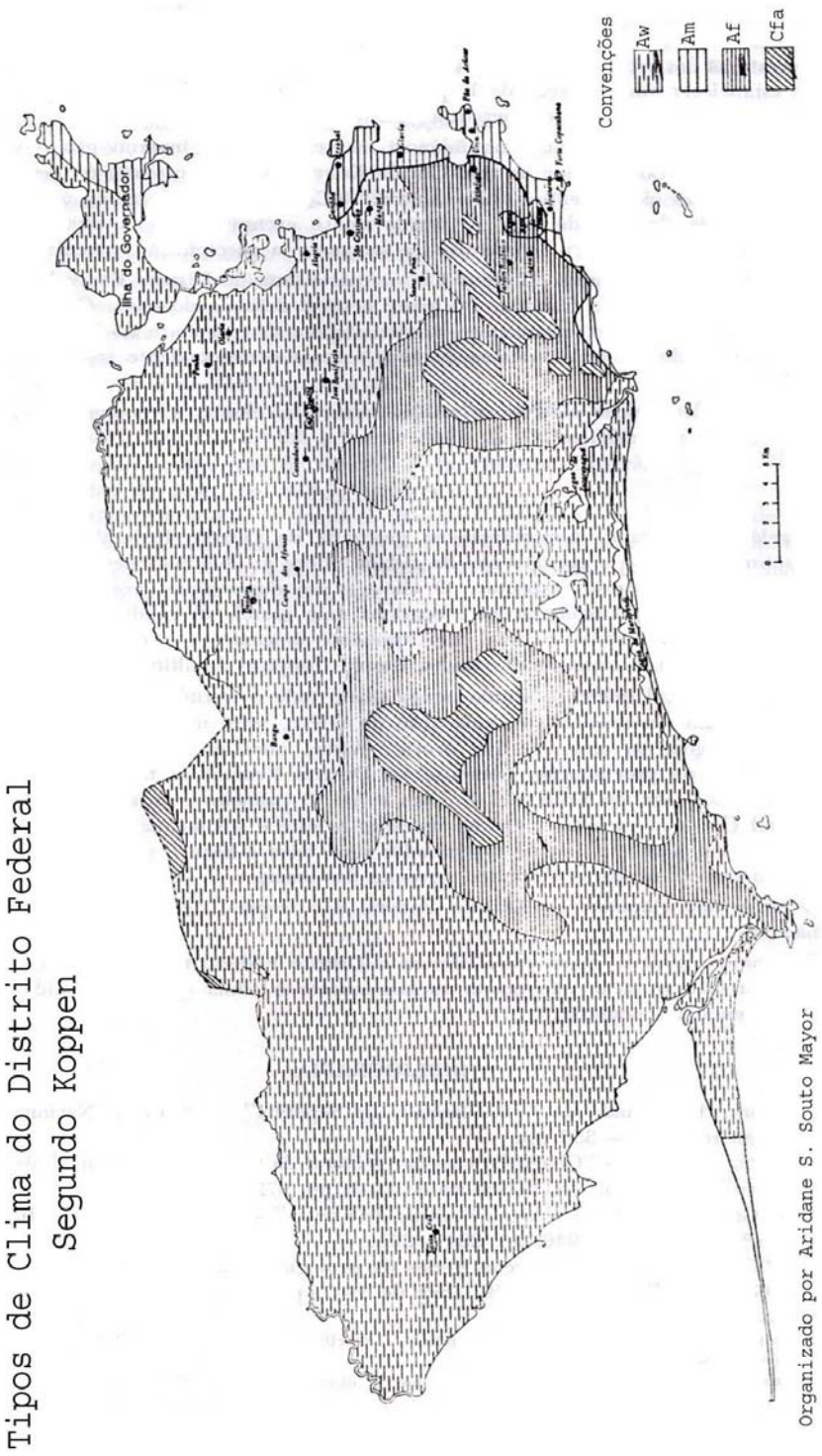

Figura 2 – Mapa de Unidades Climáticas segundo a metodologia desenvolvida por Köppen e elaborado por MAIOR, A. S. S. (1954).

ANEXO 1

Tabelas a seguir. Valores normais mensais (1931/ 1975), segundo Thornthwaite, em mm, das sete estações.

ESTAÇÃO DE JARDIM BOTÂNICO

Meses	EP	P	P-EP	NEG ACUM	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
JANEIRO	142,0	191,3	49,3	0,0	125,0	0,0	142,0	0,0	49,3
FEVEREIRO	127,5	200,6	73,1	0,0	125,0	0,0	127,5	0,0	73,1
MARÇO	122,0	176,1	54,1	0,0	125,0	0,0	122,0	0,0	54,1
ABRIL	91,7	164,4	72,7	0,0	125,0	0,0	91,7	0,0	72,7
MAIO	72,6	127,9	55,3	0,0	125,0	0,0	72,6	0,0	55,3
JUNHO	58,4	87,4	29,0	0,0	125,0	0,0	58,4	0,0	29,0
JULHO	55,6	105,0	49,4	0,0	125,0	0,0	55,6	0,0	49,4
AGOSTO	64,3	101,4	37,1	0,0	125,0	0,0	64,3	0,0	37,1
SETEMBRO	70,9	121,8	50,9	0,0	125,0	0,0	70,9	0,0	50,9
OUTUBRO	88,5	146,1	57,6	0,0	125,0	0,0	88,5	0,0	57,6
NOVEMBRO	99,3	165,5	66,2	0,0	125,0	0,0	99,3	0,0	66,2
DEZEMBRO	126,2	194,6	68,4	0,0	125,0	0,0	126,2	0,0	68,4
TOTAL	1119,0	1782,1	663,1	-	-	0,0	1119,0	0,0	663,1

Fonte: FIDERJ, 1977

ESTAÇÃO DA PENHA

MESES	EP	P	P - EP	NEG ACUM	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
JANEIRO	162,5	201	38,5	-36,9	92,1	38,5	162,5	0,0	0,0
FEVEREIRO	144,6	182,6	38	0,0	125	32,8	144,6	0,0	5,1
MARÇO	137,7	132,6	-5,1	-5,1	119,9	-5,1	137,6	0,0	0,0
ABRIL	96,3	101,7	5,4	0,0	125	5,1	96,3	0,0	0,3
MAIO	76,9	47,7	-29,2	-29,2	98,8	-26,2	73,9	3,0	0,0
JUNHO	62,2	40,4	-21,8	-51	82	-16,8	57,1	5,0	0,0
JULHO	60,6	35	-25,6	-76,6	67	-15	50	10,6	0,0
AGOSTO	74,3	38,4	-35,9	-112,5	50	-17	55,3	18,9	0,0
SETEMBRO	83,1	37,3	-45,8	-158,3	34,7	-15,3	52,5	30,5	0,0
OUTUBRO	102,9	82,5	-20,4	-178,7	29,3	-5,4	87,9	15	0,0
NOVEMBRO	114,5	113,2	-1,3	-180	29	-0,3	113,5	1,0	0,0
DEZEMBRO	137	161,6	24,6	-103,2	53,6	24,6	137	0,0	0,0
TOTAL	1252,6	1174	-78,6	-	-	0,0	1168,6	84	5,4

Fonte: FIDERJ, 1977

ESTAÇÃO DE BANGU

MESES	EP	P	P - EP	NEG ACUM	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
JANEIRO	157,2	195,5	38,3	-9	116	38,3	157,2	0,0	0,0
FEVEREIRO	141,4	177	35,6	0,0	125	8,9	141,4	0,0	26,6
MARÇO	133,3	170,8	37,5	0,0	125	0,0	133,3	0,0	37,5
ABRIL	99,3	106,6	7,3	0,0	125	0,0	99,3	0,0	7,3
MAIO	75,8	77,5	1,7	0,0	125	0,0	75,8	0,0	1,7
JUNHO	60,5	40,5	-20	-20	106	-19	59,5	1,0	0,0
JULHO	58,1	39,6	-18,5	-38,5	90,5	-15,5	55	3,0	0,0

AGOSTO	70,3	34,8	-35,5	-74	68	-22,5	57,2	13	0,0
SETEMBRO	79,7	54,3	-25,4	-99,4	55	-13	67,3	12,4	0,0
OUTUBRO	98,7	86,2	-12,5	-111,9	50,1	-4,9	91,1	7,6	0,0
NOVEMBRO	111,1	118,1	7,0	-95,8	57,1	7,0	111,1	0,0	0,0
DEZEMBRO	140,5	161,1	20,6	-58,3	77,7	20,6	140,5	0,0	0,0
TOTAL	1225,9	1262	36,1	-	-	0,0	1188,9	37	73,1

Fonte: FIDERJ, 1977

ESTAÇÃO DE SANTA CRUZ

Meses	EP	P	P-EP	NEG ACUM	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
JANEIRO	153,9	170,3	16,4	- 22,0	104,0	16,4	153,9	0,0	0,0
FEVEREIRO	136,9	152,9	16,0	- 5,0	120,0	16,0	136,9	0,0	0,0
MARÇO	134,8	163,6	28,0	0,0	125,0	4,9	134,8	0,0	23,8
ABRIL	100,4	105,9	5,5	0,0	125,0	0,0	100,4	0,0	5,5
MAIO	80,7	71,8	- 8,9	- 8,9	116,1	- 8,9	80,6	0,0	0,0
JUNHO	65,5	48,0	- 17,5	- 26,4	100,6	- 15,5	63,5	2,0	0,0
JULHO	62,2	39,7	- 22,5	- 48,9	83,1	- 17,5	57,1	5,0	0,0
AGOSTO	73,1	36,7	- 36,4	- 85,3	62,0	- 21,1	57,7	15,3	0,0
SETEMBRO	78,6	57,5	- 21,1	- 106,4	52,6	- 9,4	66,9	11,7	0,0
OUTUBRO	92,6	98,7	6,1	- 92,6	58,7	6,1	92,6	0,0	0,0
NOVEMBRO	105,8	107,5	1,7	- 89,2	60,4	1,7	105,8	0,0	0,0
DEZEMBRO	138,9	166,1	27,2	- 42,4	87,6	27,2	138,9	0,0	0,0
TOTAL	1223,4	1218,7	- 4,7	-	-	0,0	1189,4	34,0	29,3

Fonte: FIDERJ, 1977

ESTAÇÃO DA PRAÇA XV

MESES	EP	P	P - EP	NEG ACUM	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
JANEIRO	149	156,1	7,1	-165,7	32,1	7,1	149	0,0	0,0
FEVEREIRO	132,6	144,7	12,1	-127,4	44,2	12,1	132,6	0,0	0,0
MARÇO	130,6	136,7	6,1	-112,1	50,3	6,1	130,6	0,0	0,0
ABRIL	98,5	108,8	10,3	-88,8	60,6	10,3	98,5	0,0	0,0
MAIO	80,3	73,4	-6,9	-95,7	57	-3,6	77	3,2	0,0
JUNHO	67	40,5	-26,5	-122,2	46	-11	51,5	15,5	0,0
JULHO	63,8	-43	-20,8	-143	39	-7	50	13,8	0,0
AGOSTO	71,9	43,6	-28,3	-171,3	31	-8	51,5	20,3	0,0
SETEMBRO	77,3	49,9	-27,4	-198,7	25	-6	55,8	21,4	0,0
OUTUBRO	92,1	80,1	-12	-210,7	22	-3	83	9,0	0,0
NOVEMBRO	103,8	100	-3,8	-214,5	22	0,0	100	3,8	0,0
DEZEMBRO	130,1	133,1	3,0	-197	25	3,0	130,1	0,0	0,0
TOTAL	1197	1109,9	-87,1	-	-	0,0	1109,9	87,1	0,0

Fonte: FIDERJ, 1977

ESTAÇÃO DE JACAREPAGUA

Meses	EP	P	P-EP	NEG ACUM	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
JANEIRO	157,2	152,1	- 5,1	- 13,0	112,0	- 5,1	157,2	0,0	0,0
FEVEREIRO	136,9	152,0	15,1	0,0	125,0	13,0	136,9	0,0	2,1

MARÇO	129,3	168,7	39,4	0,0	125,0	0,0	129,3	0,0	39,4
ABRIL	95,5	117,3	21,8	0,0	125,0	0,0	95,5	0,0	21,8
MAIO	73,1	86,6	13,5	0,0	125,0	0,0	73,1	0,0	13,5
JUNHO	59,3	43,2	- 16,1	- 16,1	108,0	- 16,1	59,3	0,0	0,0
JULHO	57,8	44,3	- 13,5	- 29,6	98,4	- 10,5	54,7	3,0	0,0
AGOSTO	67,0	47,5	- 19,5	- 49,1	83,0	- 15,4	62,8	4,1	0,0
SETEMBRO	79,9	55,3	- 24,6	- 73,7	68,3	- 14,7	70,0	9,9	0,0
OUTUBRO	95,1	85,9	- 9,2	- 82,9	63,1	- 5,2	91,0	4,0	0,0
NOVEMBRO	105,6	126,9	21,3	- 46,6	84,4	21,3	105,6	0,0	0,0
DEZEMBRO	130,5	163,2	32,7	- 7,9	117,1	32,7	130,5	0,0	0,0
TOTAL	1187,2	1243,0	55,8	-	-	0,0	1166,2	21,0	76,8

Fonte: FIDERJ, 1977

ESTAÇÃO DE SANTA TEREZA

Meses	EP	P	P-EP	NEG ACUM	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
JANEIRO	143,3	164,5	21,2	0,0	125,0	0,0	143,3	0,0	21,2
FEVEREIRO	124,8	172,3	47,5	0,0	125,0	0,0	124,8	0,0	47,5
MARÇO	120,5	165,3	44,8	0,0	125,0	0,0	120,5	0,0	44,8
ABRIL	91,3	139,9	48,6	0,0	125,0	0,0	91,3	0,0	48,6
MAIO	73,8	110,9	37,1	0,0	125,0	0,0	73,8	0,0	37,1
JUNHO	60,9	51,5	- 9,4	- 9,4	115,6	- 9,4	60,9	0,0	0,0
JULHO	59,6	68,1	8,5	- 0,9	124,1	8,5	59,6	0,0	0,0
AGOSTO	68,8	77,8	9,0	0,0	125,0	0,9	68,8	0,0	8,1
SETEMBRO	76,7	74,5	- 2,2	- 2,2	122,8	- 2,2	76,7	0,0	0,0
OUTUBRO	88,9	100,7	11,8	0,0	125,0	2,2	88,9	0,0	9,6
NOVEMBRO	97,6	137,2	39,6	0,0	125,0	0,0	97,6	0,0	39,6
DEZEMBRO	124,5	165,0	40,5	0,0	125,0	0,0	124,5	0,0	40,5
TOTAL	1130,7	1427,7	297,0	-	-	0,0	1130,7	0,0	297,0

Fonte: FIDERJ, 1977